

09/743115

PCT/JP00/03061

12.05.00

日 本 国 特 許 庁

PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

JP00/03061

REC'D 03 JUL 2000

WIPO

PCT

#3

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。
This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application:

2000年 4月27日

出 願 番 号
Application Number:

特願2000-128307

U

出 願 人
Applicant(s):

株式会社フジクラ

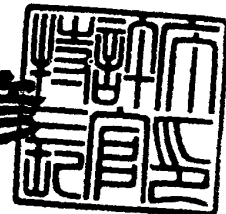
PRIORITY
DOCUMENT

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

2000年 6月16日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

近 藤 隆 彦



出証番号 出証特2000-3045158

【書類名】 特許願

【整理番号】 20000123

【提出日】 平成12年 4月27日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 C03B 37/027
G02B 6/00

【発明の名称】 光ファイバの捻れ測定方法および光ファイバの製造方法
ならびに装置

【請求項の数】 4

【発明者】

 【住所又は居所】 千葉県佐倉市六崎 1 4 4 0 番地 株式会社フジクラ 佐
倉事業所内

 【氏名】 藤巻 宗久

【発明者】

 【住所又は居所】 千葉県佐倉市六崎 1 4 4 0 番地 株式会社フジクラ 佐
倉事業所内

 【氏名】 高橋 浩一

【特許出願人】

 【識別番号】 000005186

 【氏名又は名称】 株式会社フジクラ

【代理人】

 【識別番号】 100064908

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 志賀 正武

【選任した代理人】

 【識別番号】 100108578

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 高橋 詔男

【選任した代理人】

【識別番号】 100089037

【弁理士】

【氏名又は名称】 渡邊 隆

【選任した代理人】

【識別番号】 100101465

【弁理士】

【氏名又は名称】 青山 正和

【先の出願に基づく優先権主張】

【出願番号】 平成11年特許願第135043号

【出願日】 平成11年 5月14日

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 008707

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9704943

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光ファイバの捻れ測定方法および光ファイバの製造方法ならびに装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 光ファイバの外径を、該光ファイバの長さ方向に垂直な面内における異なる 2 方向から、該光ファイバの長さ方向に沿って連続して測定することを特徴とする光ファイバの捻れ測定方法。

【請求項 2】 光ファイバの外径を、該光ファイバの長さ方向に垂直な面内における異なる 2 方向から、該光ファイバの長さ方向に沿って連続して測定する手段を備えてなることを特徴とする光ファイバの捻れ測定装置。

【請求項 3】 光ファイバ母材を線引きして光ファイバを形成する工程と、該光ファイバに捻れを生じせしめる工程と、該光ファイバの外径を該光ファイバの進行方向に垂直な面内における異なる 2 方向から連続して測定する工程を有することを特徴とする光ファイバの製造方法。

【請求項 4】 光ファイバ母材を線引きして光ファイバを形成する手段と、該光ファイバに捻れを生じせしめる手段と、該光ファイバの外径を該光ファイバの進行方向に垂直な面内における異なる 2 方向から連続して測定する手段を備えてなることを特徴とする光ファイバの製造装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、偏波モード分散が小さい光ファイバを得るために、光ファイバを製造する際に光ファイバに捻れを生じせしめる方法において、光ファイバの捻れ状態を測定できるようした方法および装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

従来より、石英系ガラスからなる円柱形の光ファイバ母材を線引きして光ファイバを製造する際に、光ファイバに捻れを生じせしめることによって、偏波モード分散（PMD）が小さい光ファイバを得る方法が提案されている。

例えば、特開平 8 - 5 9 2 7 8 号公報には、光ファイバ母材を高速で回転させながら線引きする方法が提案されている。

特開平 8 - 2 9 5 5 2 8 号公報には、光ファイバに被覆層を形成した後の光ファイバ素線を、回転軸の傾きを変化させるように往復運動する揺動ガイドローラーでガイドした後、回転軸が固定されたガイローラーでガイドすることによって光ファイバ素線に捻れを生じせしめる方法が開示されている。

特開平 9 - 2 8 3 4 号公報には、光ファイバに被覆層を形成した後の光ファイバ素線を、回転軸方向と周面との角度が、周方向に沿って変化するように構成されたローラーを用いてガイドすることによって光ファイバ素線に捻れを生じせしめる方法が開示されている。

特表平 1 0 - 5 0 7 4 3 8 号公報では、被覆層を形成した後の光ファイバを、互いに相反する方向に回転する 2 つのプーリーに挟み込んだうえ、この 2 つのプーリーを、光ファイバの長さ方向に対して垂直な方向に沿って、相反する方向に進退させることによって、光ファイバに捻れを加える方法が提案されている。

【 0 0 0 3 】

【発明が解決しようとする課題】

ところで、このようにして捻れを加えつつ製造された光ファイバの PMD 特性は、光ファイバの捻れの状態、例えば一定長の光ファイバにおいて、どちら向きの捻れが何回転生じているかによって決まるが、光ファイバに付与された捻れの状態を測定する方法については、未だ何の提案もなされていなかった。このため、光ファイバの捻れ状態は、光ファイバ母材の回転数やプーリーの移動速度などの製造条件から算出した見かけの回転数等から推測せざるを得なかったが、見かけの回転数と実際の回転数（実質回転数）とは必ずしも一致せず、正確さを欠くものであった。

本発明は前記事情に鑑みてなされたもので、捻れを加えながら製造した光ファイバの実際の捻れ状態を正確に測定できるようにすることを目的とする。

【 0 0 0 4 】

【課題を解決するための手段】

前記課題を解決するために本発明の光ファイバの捻れ測定方法は、光ファイバ

の外径を、該光ファイバの長さ方向に垂直な面内における異なる 2 方向から、該光ファイバの長さ方向に沿って連続して測定することを特徴とする。

本発明の光ファイバの捻れ測定装置は、光ファイバの外径を、該光ファイバの長さ方向に垂直な面内における異なる 2 方向から、該光ファイバの長さ方向に沿って連続して測定する手段を備えてなることを特徴とする。

また本発明の光ファイバ製造方法は、光ファイバ母材を線引きして光ファイバを形成する工程と、該光ファイバに捻れを生じせしめる工程と、該光ファイバの外径を該光ファイバの進行方向に垂直な面内における異なる 2 方向から連続して測定する工程を有することを特徴とする。

本発明の光ファイバ製造装置は、光ファイバ母材を線引きして光ファイバを形成する手段と、該光ファイバに捻れを生じせしめる手段と、該光ファイバの外径を該光ファイバの進行方向に垂直な面内における異なる 2 方向から連続して測定する手段を備えてなることを特徴とする。

【 0 0 0 5 】

【発明の実施の形態】

以下、本発明を詳しく説明する。

図 1 は本発明の光ファイバの製造方法を実施するのに好適な装置の第 1 の実施例を示した概略工程図であり、図中符号 1 は光ファイバ母材である。また図 2 は光ファイバ母材 1 の線引き工程を示したものである。

本実施例の装置は、加熱炉 2、捻れ測定装置 4、コーティング装置 5、コーティング同心性モニター 6、紫外線ランプ装置 7、外径測定装置 8、ターンプリー 9、およびガイドプリー 10 を備えている。また光ファイバに捻れを生じせしめる手段として、光ファイバ母材 1 を高速回転させる手段（図示せず）が設けられている。

【 0 0 0 6 】

本実施例の装置を用いて光ファイバを製造するには、まず光ファイバ母材 1 を高速回転させながら、加熱炉 2 内に垂直に挿入して加熱、溶融させて線引きすることによって、捻れが生じた光ファイバ 3 を形成する。光ファイバ母材 1 の回転方向は常に一定とする。

線引きにより形成された光ファイバ 3 は、捻れ測定装置 4 に導入される。捻れ測定装置 4 は、被覆層が形成される前の光ファイバ 3 の外径を、光ファイバ 3 の進行方向に垂直な面内における異なる 2 方向から同時に測定する手段を備えたものであれば任意の構成を採用することができる。ここでの測定結果を用いて、後述の捻れ測定方法により光ファイバ 3 に生じている捻れの状態が測定される。

捻れ測定装置を通過した光ファイバ 3 は、傷ついたりするのを防止するために直ちに被覆が施されて光ファイバ素線 1 1 となる。すなわち光ファイバ 3 はコーティング装置 5 に導入され、ここを通過することによって光ファイバ 3 の周囲に紫外線硬化型樹脂が塗布される。続いて、コーティング同心性モニター 6 を通過する際に樹脂厚さの均一性がモニターされた後、紫外線ランプ装置 7 を通過する際に紫外線が照射されて樹脂が硬化し、一次被覆層が形成される。

光ファイバ 3 に一次被覆層が形成された光ファイバ素線 1 1 は、外径測定装置 8 を通過する際にその外径が測定された後、ターンプリー 9、およびガイドプリー 1 0 等によって導かれて、ボビン（図示せず）に巻き取られる。

【 0 0 0 7 】

次に、本発明の捻れ測定方法について説明する。

本発明の捻れ測定方法は、線引きによって形成される光ファイバ 3 の断面が真円形でなく、わずかに非円となっていることを利用するものである。すなわち、光ファイバ 3 の断面は真円形であることが理想的であるが、実際には非円率 0.1 ～ 0.5 % 程度の非円となっている。非円率は

$$(\text{長径} - \text{短径}) / \text{長径} \times 100 (\%)$$

で定義されるもので、光ファイバ 3 の断面における長径と短径の差は 0.1 ～ 0.6 μm 程度ある。光ファイバ 3 が非円となる理由としては、光ファイバ母材 1 を完全な真円形に形成するのは技術的に不可能であり、光ファイバ母材 1 自体がわずかに非円となっていること、および線引きの際に使用する加熱炉 2 内における温度分布が完全に軸対称ではないこと、などが挙げられる。

【 0 0 0 8 】

本発明者等は、図 2 (a) に示す線引き工程において、本実施例のように捻れを加えながら線引きする場合には、光ファイバ母材 1 の温度が最高温度となるメ

ニスкас下部Bで光ファイバ3の捻れが生じるのに対して、光ファイバ3の非円状態はこれよりも上方のメニスкас上部Aにおいてほとんど決まることを見い出した。

つまり光ファイバ3は、線引き工程において非円状態が決まった後に捻れが生じる。したがって、図2(b)に光ファイバ3断面の非円状態を誇張して示すと、光ファイバ3の長さ方向に沿って、光ファイバ3断面の長径方向が軸周りに漸次回転するように変化している。

したがって、測定位置を固定して、進行する光ファイバ3の外径を長さ方向に沿って連続的にモニターすれば、外径の測定値は、例えば図3に示すように波形のグラフとなる。図3において縦軸は外径測定値を示している。また横軸は時刻であり、すなわち光ファイバ3の長さを表す。このようにして得られる波形のグラフの振幅は光ファイバ3の断面における長径と短径の差であり、周期は捻れが半回転する長さを表す。

【0009】

本実施例では、捻れ測定装置4に2つの外径測定装置(C、Dとする)を使用し、光ファイバ3の進行方向(長さ方向)に垂直な一つの平面内において異なる2方向から光ファイバ3の外径を測定する。2方向からの測定は同時に行う。また外径の測定は長さ方向に沿って連続して測定する。例えば、2つの外径測定装置による測定方向のなす角度 θ が 45° である場合には、それぞれの装置での外径の測定値は図3の実線および破線のように変化する。図3において実線は装置Cの測定結果、破線は装置Dの測定結果をそれぞれ示している。

もし仮に、光ファイバ3に捻れが生じていなかったら、装置Cにおける外径測定値と装置Dにおける外径測定値は、互いに異なる値となるが、それぞれ経時的に変化せず、グラフは横軸に平行な2本の直線となる。

また仮に、光ファイバ3が非円でなく真円形であったならば、光ファイバ3に捻れが生じている場合も生じていない場合も、装置Cにおける外径測定値と装置Dにおける外径測定値は同じ値で、かつ経時的に変化しない。したがってグラフは横軸に平行な1本の直線となる。

【0010】

本実施例では、図 3 に示すような、2 つの波形が横軸方向にずれた形状のグラフが得られるので、各種の手法により 2 つの波形の位相の差を求め、これにより光ファイバ 3 の捻れの回転方向および実質回転数を求める。

例えば、外径測定値を微分して最大値を示す点（ピーク）の時刻を求めて比較する方法がある。すなわち、装置 C の測定結果におけるピークの時刻を早い方から C 1、C 2 とし、装置 D の測定結果におけるピークの時刻を早い方から D 1、D 2 とすると、C 2 - C 1 または D 2 - D 1 が捻れが半回転する時間を表す。これに光ファイバ 3 の進行速度（線引速度）を乗じれば捻れが半回転する長さがわかる。また一定長さの光ファイバ 3 における捻れの回転数で表すこともできる。

【 0 0 1 1 】

また、一方の装置における 2 つのピーク（例えば C 1、C 2）と、この 2 つのピークの間にある他方の装置のピーク（例えば D 1）の 3 点を用いて回転方向を知ることができる。すなわち、2 つの測定装置の測定方向のなす角度 θ が鋭角の場合は、これら 3 点の間隔のうち小さい方が捻れの回転方向を表す。例えば図 3 においては C 2 - D 1 よりも D 1 - C 1 の方が小さい。各ピークは各測定装置による測定位置に長径が位置した時刻であるので、図 3 の C 1 から D 2 の間では、光ファイバ 3 の進行に伴って光ファイバ 3 の長径の位置が C 1 から D 1 へ変化していることがわかり、捻れの回転方向は装置 C による測定位置から装置 D による測定位置へ向かう方向であることがわかる。

また 2 つの測定装置の測定方向のなす角度 θ が鈍角の場合は、上記 3 点の間隔のうち大きい方が捻れの回転方向を表す。なお、2 つの測定装置の測定方向のなす角度が 90° である場合は、測定結果は図 4 のようになり、回転方向が異なっても同じ測定結果となるので、実質回転数は求められるが回転方向を判定することができない。また 2 つの測定装置による測定方向のなす角度 θ が 180° であると両装置の測定結果は一致するので捻れの測定はできない。

したがって、2 つの測定装置による測定方向がなす角度 θ は $0 < \theta < 90$ または $90 < \theta < 180$ の範囲内に設定され、好ましくは $25 < \theta < 65$ または $115 < \theta < 155$ とすると、ピークの間隔が好ましい距離で得られるので回転方向を求める上で都合がよい。

【 0 0 1 2 】

本実施例によれば、光ファイバ 3 における捻れの実質回転数および回転方向を正確に測定できるので、実際の捻れの状態を正確に認識することができる。これを用いて光ファイバ 3 の捻れ状態と偏波モード分散との関係を数値で表すことが可能となり、偏波モード分散が小さい光ファイバを製造する際の製造条件の設定等を簡便に行うことができるようになる。例えば、予め光ファイバ 3 に捻れを生じさせる条件を変えて種々の光ファイバ素線 1 1 を製造し、それぞれの光ファイバ素線 1 1 の PMD を測定して、捻れ状態と PMD との関係を求めておく。そして光ファイバ素線 1 1 の製造時には、光ファイバ 3 の捻れの測定結果に応じて捻れを生じせる手段を制御することにより、光ファイバ素線 1 1 の PMD を制御することが可能である。

また、本実施例の捻れ測定装置は、既存の光ファイバ製造ラインに 2 つの外径測定装置を付加することによって捻れの測定を行うことができるので、装置の構成が簡単であり、装置が大型化することもなく、容易に実施することができる。

【 0 0 1 3 】

なお上記実施例では、光ファイバ母材 1 の回転方向を常に一定としたので、光ファイバ 3 の捻れの回転方向は常に一定であるが、光ファイバ母材 1 の回転方向を、時計回りと反時計回りに、交互に変化させられてもよく、そのようにすれば光ファイバ 3 の捻れの回転方向が長さ方向に変化する。

また、光ファイバ 3 に捻れを生じせしめる方法として、線引き時に光ファイバ母材 1 を回転させる方法を用いたが、本発明は、これに限らず、線引き工程において光ファイバ 3 の非円状態がほぼ決まった後に捻れが生じる方法であれば、任意の方法を適用することができる。

【 0 0 1 4 】

図 5 は、本発明の光ファイバの製造方法を実施するのに好適な装置の第 2 の実施例を示したもので (a) は概略工程図、(b) は (a) の要部を拡大して示した説明図である。図 5 において、図 1 と同一の構成要素には同一の符号を付して、その説明を省略することができる。

本実施例の装置は、例えば特表平 1 0 - 5 0 7 4 3 8 号開示された方法にした

がって光ファイバを製造するのに好適に用いられる。

図5中、符号21は捻れ付与用のプーリーであり、2個のプーリー21が一对となって光ファイバ素線23を挟むように設けられている。プーリー21は、その中心軸が光ファイバ素線23の進行方向に対して垂直となるように設けられており、走行する光ファイバ素線23に引きずられるようにして回転する。また、図5(b)中矢印で示すように、2個のプーリー21を、プーリー21の中心軸方向に沿って、相反する方向に進退させることによって、光ファイバ13に捻りを加えるように構成されている。

また図示していないが光ファイバ母材1を線引きするための加熱炉が設けられている。

【0015】

本実施例の装置を用いて光ファイバを製造するには、まず光ファイバ母材1を加熱炉内に垂直に挿入して加熱、熔融させて線引きすることによって光ファイバ13を形成する。光ファイバ母材1は回転させない。

線引きにより形成された光ファイバ13は、捻れ測定装置4、コーティング装置5、コーティング同心性モニター6、紫外線ランプ装置7を順に通過する間に被覆層が形成されて光ファイバ素線23となる。そして被覆層が形成された光ファイバ素線23が一对のプーリー21の間を通過することによって、光ファイバ13に捻りが加えられる。光ファイバ13の捻れは、加熱炉中の光ファイバ母材1の温度が最高温度となるメニスカス下部Bで生じ、光ファイバ13の非円状態が決まるメニスカス上部Aでは捻れは生じていない。光ファイバ13における捻れの実質回転数はプーリー21の進退運動の速度によって決まり、捻れの方法はプーリー21aの進退運動の周期に応じて決まる。

したがって、加熱炉とコーティング装置5との間に、捻れ測定装置4を設けて、光ファイバ13の外径を、光ファイバ13の進行方向に垂直な面内における異なる2方向から同時に測定することによって、前述の捻れ測定方法により光ファイバ13に生じている捻れの状態を測定することができる。

【0016】

本実施例によっても、光ファイバ13における捻れの実質回転数および回転方

向を正確に測定することができ、上記実施例 2 と同様の効果を得ることができる。

【 0 0 1 7 】

なお、本発明において、光ファイバの製造装置は上記実施例のものに限らず、線引き工程後かつ樹脂被覆工程前に捻れ測定装置が設けられていればよく、適宜変更可能である。

また、本発明の捻れ測定方法は、光ファイバに限らず、断面が非円形の長尺物の捻れを測定する場合にも適用可能である。また同一平面内における 2 方向からの測定は必ずしも同時に行う必要はなく、同一平面における測定結果を比較できればよい。例えば、一定長の被測定物の長さ方向に沿って、1 つの外径測定装置で角度を変えて 2 回測定を行うことも可能である。この場合、長さ方向に沿って、一方向からの測定を行った結果をコンピュータに記憶させておき、この後、同じ部位について他方向からの測定を行い、同一平面内における測定結果を対応させながら演算処理することによって捻れを測定することが可能である。ただし、光ファイバの製造工程のように被測定物が進行している場合や、光ファイバのように線引き後、直ちに被覆が施されてしまう場合には、迅速に測定、演算を行う必要があるので、2 つの外径測定装置を用いて 2 方向からの測定を同時に行うことが好ましい。

また測定は 2 方向からでなく、3 方向以上から行うことも可能であるが、演算が複雑化する可能性がある。捻れの方向と周期（実質回転数）を知るためには 2 方向からで十分である。

【 0 0 1 8 】

【実施例】

以下、具体的な実施例を示して本発明の効果を明らかにする。

（実施例 1）

図 1 の装置を用いて、光ファイバ 3 に捻れを加えつつ光ファイバ素線 1 1 を製造した。捻れ測定装置 4 としては 2 つの外径測定装置を備えたものを使用し、それぞれの装置の測定方向がなす角度 θ は 60° とした。

光ファイバ 3 に捻れを生じせしめる条件を 5 通り（条件イ～ホ）に変えて、光

ファイバ素線 1 1 の製造を行った。また参照用として捻れを生じさせないで光ファイバ素線 1 1 の製造を行った。

製造時に、捻れ測定装置 4 によって 2 方向から外径を測定した結果を用いて、上記実施例で述べた手法により、光ファイバ 3 に生じている捻れの実質回転数を求めた。実質回転数は光ファイバ 1 m 当たりの回転数（単位：rot/m）で表す。また得られた光ファイバ素線 1 1 の偏波モード分散の値（PMD）を求めた。これらの結果を下記表 1 に示す。

また、本実施例では、光ファイバ母材 1 を一方向に回転させることにより光ファイバ 3 に捻りを加えているので、光ファイバ母材 1 の回転数と光ファイバ 3 の捻れの実質回転数とは等しい。したがって、比較のために、見かけの回転数として光ファイバ母材 1 の回転数を表 1 に併記した。

【 0 0 1 9 】

【表 1】

条件	見かけの回転数 (rot/m)	測定した実質回転数 (rot/m)	PMD (psec/ $\sqrt{\text{km}}$)
Refねじりなし	—	0	0.62
イ	0.02	0.02	0.60
ロ	0.5	0.5	0.16
ハ	2.3	2.3	0.05
ニ	12	12	0.03
ホ	26	26	0.03

【0 0 2 0】

表 1 の結果より、いずれの製造条件においても、見かけの回転数と測定により得られた実質回転数とが等しくなっていることから、捻れの実質回転数が正確に測定されていることが認められる。

また、実質回転数が 0 ～ 12 rot/m の範囲では、実質回転数が増加するにしたがって PMD は減少しており、実質回転数が 12 rot/m 以上の範囲では PMD は変化していないことが認められる。このことから、本実施例においては、光ファイバ素線 11 の製造時に、捻れ測定装置 4 で測定される捻れの実質回転数が 12 rot/m 以上となるように製造条件を制御することにより、光ファイバ素線 11 の

PMDを最小化できることがわかる。また、線速を向上させたい場合には、実質回転数 12 rot/m 以上を確保できる範囲で製造条件を制御することによって、PMDが低い光ファイバを効率良く製造することができる。

【 0 0 2 1 】

(実施例 2)

図 5 の装置を用いて、光ファイバ 1 3 に捻れを加えつつ光ファイバ素線 2 3 を製造した。捻れ測定装置 4 は、上記実施例 1 と同様の構成とした。なお、光ファイバ母材 1 としては、上記実施例 1 とはパラメータが異なるものを用いた。

加熱炉出口からプーリー 2 1 を設ける位置までの距離を、3 m (プーリーの位置 A)、6 m (プーリーの位置 B) の 2 通りに変化させ、またそれぞれの位置でプーリー 2 1 の進退運動の条件を 3 通り (条件へ〜ちおよびり〜ル) に変えて、光ファイバ素線 2 3 の製造を行った。また参照用として捻れを生じさせないで光ファイバ素線 2 3 の製造を行った。プーリー 2 1 の位置が異なると、プーリー 2 1 の進退運動の条件が同じであっても、実際の捻れ状態に差が生じることは容易に予想される。プーリー 2 1 の進退運動の周期は 0.2 秒で一定とした。

【 0 0 2 2 】

製造時に、捻れ測定装置 4 によって 2 方向から外径を測定した結果を用いて、上記実施例で述べた手法により光ファイバ 1 3 に生じている捻れの実質回転数を求めた。実質回転数は光ファイバ 1 m 当たりの回転数 (単位: rot/m) で表す。また得られた光ファイバ素線 2 3 の偏波モード分散の値 (PMD) を求めた。これらの結果を下記表 2 に示す。

また、プーリー 2 1 の往復運動の速度を回転数に換算した値を見かけの回転数として表 2 に併記した。

【 0 0 2 3 】

【表2】

フ-ij-の位置	条件	見かけの回転数 (rot/m)	測定した実質回転数 (rot/m)	PMD (psec/ $\sqrt{\text{km}}$)
A (3m)	Ref捻じれなし	—	—	0.67
	ハ	3.0	1.5	0.42
	ト	6.0	2.9	0.22
	チ	12.0	5.1	0.03
B (6m)	Ref捻じれなし	—	—	0.65
	リ	3.0	0.3	0.61
	ヌ	6.0	1.6	0.44
	ル	12.0	3.7	0.17

【0024】

図6は、計算により求めた見かけの回転数と光ファイバ素線23のPMDとの関係をグラフで表したものである。

また図7は、測定により得られた実質回転数と光ファイバ素線23のPMDとの関係をグラフで表したものである。

これらの結果より、実質回転数と見かけの回転数との間には差があり、プーリ

ー 2 1 の位置が変化すると見かけの回転数と PMD との関係も変化した。これに対して、実質回転数と PMD とは、プーリー 2 1 の位置に関係なく、良好な相関関係を示した。

【 0 0 2 5 】

【発明の効果】

以上説明したように本発明の捻れ測定方法によれば、光ファイバの外径を、該光ファイバの長さ方向に垂直な面内における異なる 2 方向から、長さ方向に沿って連続的に測定することによって、光ファイバに生じている捻れの状態を正確に測定することができる。したがって、この測定結果を用いて光ファイバの捻れ状態と偏波モード分散との関係を数値で表すことが可能となり、偏波モード分散が小さい光ファイバを製造する際の製造条件の設定等を効率良く行うことができる。

また、本発明の捻れ測定装置は、2 つの外径測定装置を用いて構成することが可能であるので、装置の構成が簡単であり実施容易性が高い。

【 0 0 2 6 】

本発明の光ファイバの製造方法によれば、線引きにより光ファイバを形成する際に捻れを生じせしめることにより、偏波モード分散が小さい光ファイバを得ることができるとともに、該光ファイバの外径を光ファイバの進行方向に垂直な面内における異なる 2 方向から連続的に測定することによって、この光ファイバの捻れの状態を測定することができる。したがって、光ファイバの製造工程中で捻れ状態を測定しつつ光ファイバの製造条件を制御することができるので、高品質の光ファイバを効率良く製造することができ、歩留まりを向上させることができる。

また本発明の光ファイバの製造装置によれば、インラインで光ファイバの捻れを測定する手段を備えているので、捻れの測定結果に応じて捻れを生じせしめる手段を制御しつつ、偏波モード分散が小さい光ファイバを効率良く製造することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の光ファイバ製造装置の第 1 の実施例を示した概略構成図で

ある。

【図 2】本発明に係る線引き工程を示したもので、（a）はメニスカス部の説明図、（b）は光ファイバの非円状態を誇張して示した説明図である。

【図 3】本発明の捻れ測定装置で得られる測定結果の例を示すグラフである。

【図 4】本発明の捻れ測定装置で得られる別の測定結果の例を示すグラフである。

【図 5】本発明の光ファイバ製造装置の第 2 の実施例を示した概略構成図である。

【図 6】本発明に係る実施例における測定結果の例を示すグラフである。

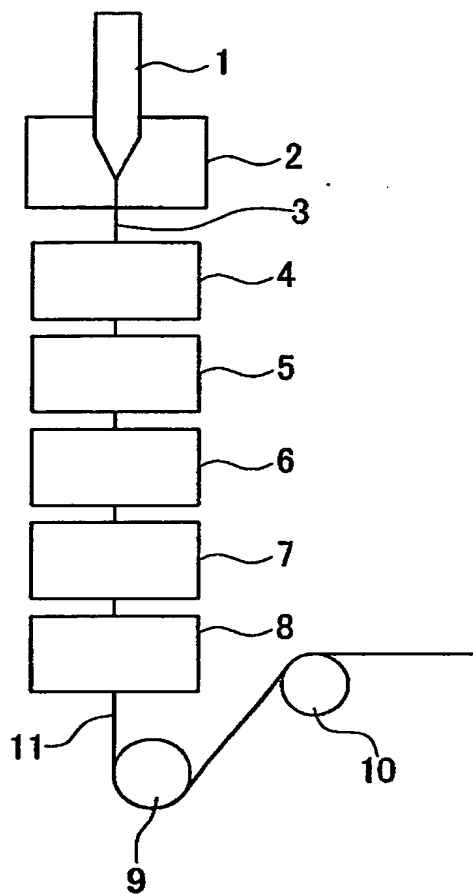
【図 7】本発明に係る実施例における測定結果の例を示すグラフである。

【符号の説明】

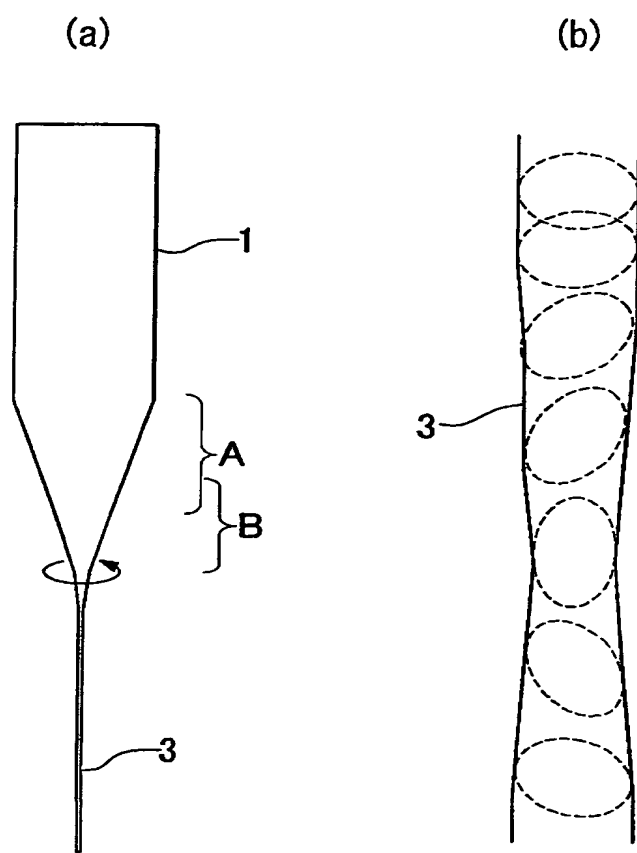
1 … 光ファイバ母材、2 … 加熱炉、3，13 … 光ファイバ、
4 … 捻れ測定装置、11，23 … 光ファイバ素線、
21 … 捻れ付与用のプーリー（捻れを生じせしめる手段）。

【書類名】 図面

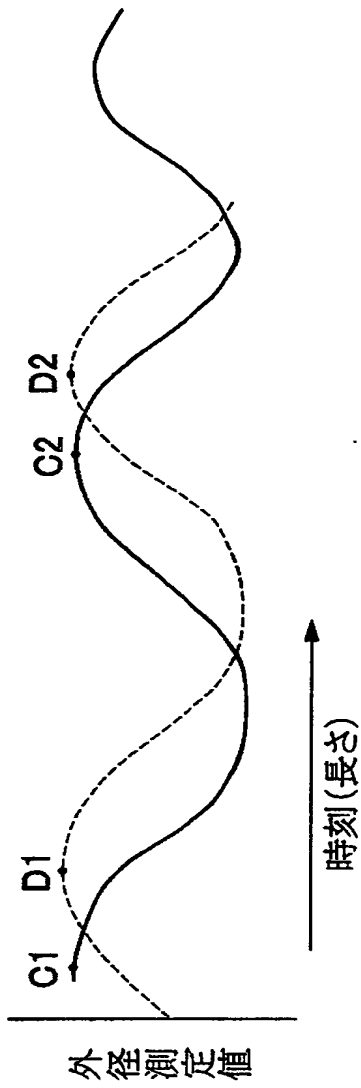
【図 1】



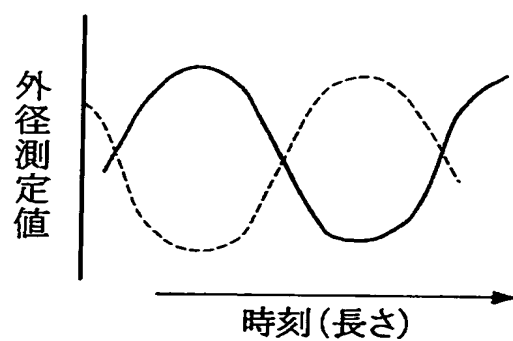
【図 2】



【図 3】

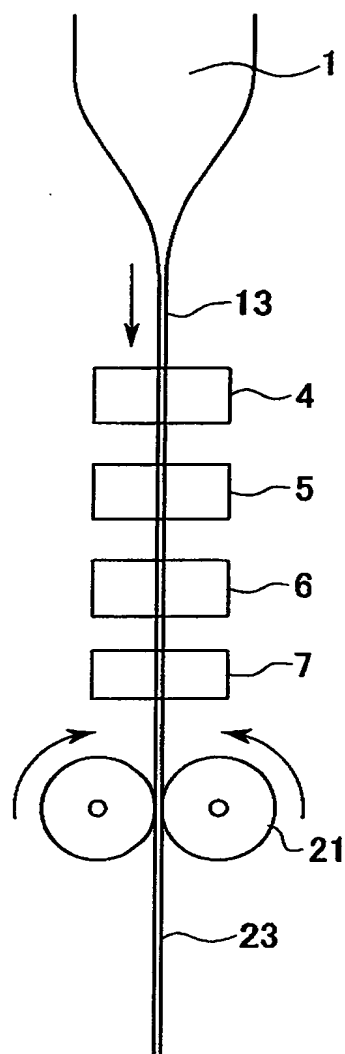


【図 4】

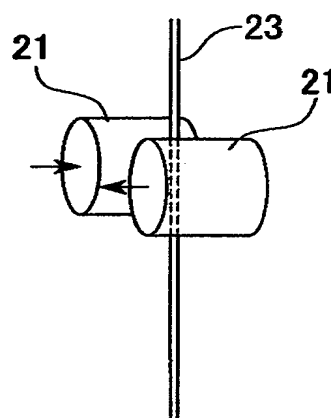


【図 5】

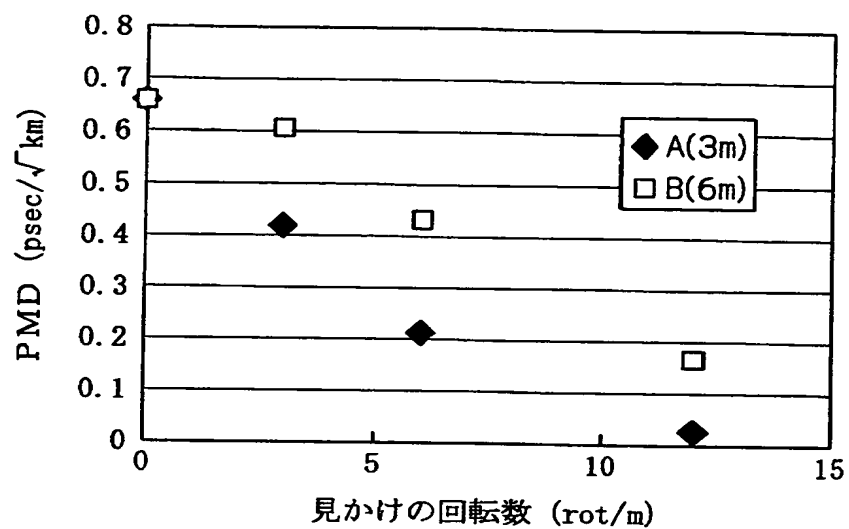
(a)



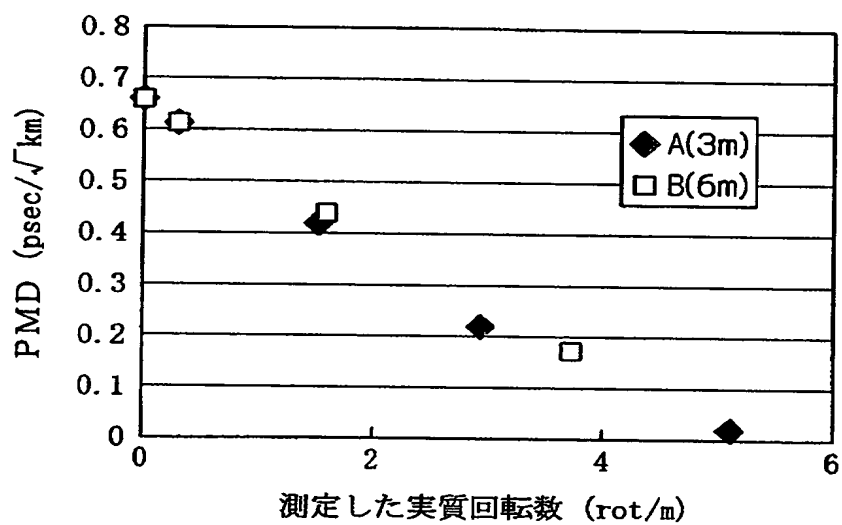
(b)



【図 6】



【図 7】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 捻れを加えながら製造した光ファイバの実際の捻れ状態を正確に測定できるようにする。

【解決手段】 光ファイバ母材 1 を線引きして光ファイバ 3 を形成する際に、光ファイバ 3 に捻れを生じせしめる。捻れ測定装置 4 によって、光ファイバ 3 の外径を、光ファイバ 3 の進行方向に垂直な面内における異なる 2 方向から、光ファイバの長さ方向に沿って連続して測定することによって、光ファイバ 3 の捻れを測定する。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000005186]

1. 変更年月日 1992年10月 2日
[変更理由] 名称変更
住 所 東京都江東区木場1丁目5番1号
氏 名 株式会社フジクラ